

月球轨道平台发展情况浅析

摘要：2017年3月，美国国家航空航天局(NASA)提出了地月空间站“深空之门”和“深空运输站”计划。地月空间站概念一经推出，便受到各国高度关注，主要航天国家明确表示将要加入建造工作。2018年度该项目又取得新进展，明确了系统组成和分三阶段建造的整体思路，与此同时，商业航天公司也表示将加入该项目的研制工作。

2017年3月，美国国家航空航天局(NASA)提出了深空之门和深空运输站计划。深空之门(Deep Space Gateway, DSG)规划在21世纪20年代建成有人照料的地月空间站，将用作拟建深空运输站(Deep Space Transport, DST)的中转补给站。2018年5月，NASA发布了《月球轨道平台-门户合作与发展备忘录》的声明，将深空之门更名为月球轨道平台-门户(Lunar Orbital Platform - Gateway, LOP - G)，并简要介绍了门户的建造计划。月球轨道平台概念一经推出，便受到各国高度关注，未来将作为国际合作项目展开建造。

一、月球轨道平台计划提出背景

地月空间能够快速往返地球，具有更接近深空的环境，易于利用月球和近地小天体的资源，是试验深空探索能力的绝佳场所。建立地月空间基础设施，如居住舱、空间站等，能够有机衔接接近

地载人活动与载人深空探索，为载人火星探测等载人深空探测活动验证相关技术，积累相关操作经验。美、俄在迈向载人深空探索的路上都重点关注了地月空间的探测和发展，并制定了相关的规划。

2017年12月，美国总统特朗普正式签署了其就任后的首项航天政策指令，正式宣布美国将重启“重返月球”计划，并将以月球为跳板，为后续的载人登陆火星任务奠定基础。新时期特朗普政府下达的“重返月球”计划的目的和实现途径都有所变化。作为助力实现特朗普政府“重返月球”计划的重要举措，月球轨道平台-门户受到了广泛关注。

门户建成后不仅可以作为多国载人登月任务中往返于地球和月球表面的中转站，更是未来载人登陆火星任务的重要组成部分，是未来美国载人深空探索的核心组成部分；鉴于俄罗斯近期面临经济压力，独立实施载人登月可能性较小，因此合作建造月球轨道平台-门户，实现载人登月对于俄罗斯来说也是双赢途径；日本、欧洲希望通过参加美国主导的地月空间站建造项目，实现本国载人航天及深空探索的不断发展。

二、月球轨道平台建造计划

(一) 基本情况

根据2018年2月2日发布的第三版《全球探索路线图》，国际地月空间站的概念是指下一个能够为人类空间探索提供可持续和可负担的空间架构。

最初，建造地月空间站——门户是作为小行星重定向任务(ARM)的一部分。门户首先将被放置在月球附近的“近直线晕轨道”(NRHO)上，其各个部件将在探索任务(EM)中作为与猎户座飞船共同装载的有效载荷，由航天发射系统(SLS)发射。门户将包括一个居住舱(可为成员提供居住能力)，一个科学气闸舱、一

个机械臂。猎户座飞船和航天发射系统以及其他空间运输系统将作为门户的组装和建造提供支持。

平台建造初期，猎户座飞船将搭载四名航天员到访门户，执行一次至少 30 天的任务。随着月球轨道平台的不断发展以及其他空间运输系统的支持，最初的 30 天任务频率和时长将会不断增加。门户还包括对接口，以安装先进的闭环生命保障系统，从而进行新系统的测试，实现乘员在轨道站上的长期驻留。深空之门乘组人员将开展科学研究、评估未来执行任务时的居住能力，研究探索技术进行测试时所需的深空环境。私营企业也可以通过公私合作伙伴关系利用轨道站。当站上无人员时，在地面运营管理轨道站，使其继续开展科学研究和其他活动。

日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)、欧洲航天局(ESA)、加拿大航天局(CSA)以及俄罗斯国家航天集团公司(Roscosmos)都可利用地月空间站来支持可重复使用载人登月器以及探月机器人任务。月球轨道平台及站上工作人员可为未来火星运输系统提供服务和支持。

在空间站中，电推进元件将用于发电并提供推力。NASA 向波音公司、洛·马公司、轨道 ATK 公司、内华达山脉公司空间系统分公司和劳拉空间系统分公司授出为期 4 个月的电力推进平台研究合同，需求是 50kW 的太阳能电推进系统，为当前可用能力的 4 倍。此外，目前洛·马公司、毕格罗航空航天公司、波音公司、轨道 ATK 公司、内华达山脉公司空间系统分公司和 NanoRacks 公司的深空居住舱概念方案已经入选，洛·马公司于 2018 年 10 月公布可重复使用载人级月球着陆器概念，该着陆器可在门户和月面间往返运行，向月球表面运送 4 名航天员和 1t 货物，在月面停留 2 周。后勤舱将用于站上实验和后勤；气闸舱将用于在站上进行舱外活动准备工作；加拿大臂-3 将用于检测空间站站体。

(二) 建造计划

按照 NASA 公布的最新计划，月球轨道平台-门户建造计划将包括以下三个阶段。

第一阶段(2018—2026年)——月球前哨站阶段：将在 NRO 轨道建造门户的核心组成部分，并为载人登月任务提供支持。在第一阶段的组装过程中，由 SLS 重型运载火箭和猎户座载人飞船联合完成。组装门户原定需要 SLS 重型运载火箭发射 4 次，每次发射都将包含猎户座载人飞船和相应舱段，预计耗时约 3~5 年时间。

门户的组建目前定于 2023 年正式开始。但在此之前，SLS 火箭需先顺利完成首飞验证，执行“探索任务-1”(EM-1)。在该任务中，SLS BLOCK 1 型火箭将搭载不载人的全状态猎户座飞船升空，进入绕月飞行的大幅值逆行轨道(DRO)，并于 26~40 天后返回地球，以测试 SLS 火箭的运载能力和猎户座飞船各系统的可靠性。在 2023 年的 EM-2 任务中，原计划将由 SLS BLOCK 1B 型火箭发射载人的猎户座飞船和首个舱段——电源和推进舱。接下来，执行两次探索任务，将居住舱和后勤补给舱送入 NRO 轨道，并与电源和推进舱对接构成门户平台主体。EM-3 和 EM-4 任务中发射的两艘猎户座飞船也将与门户空间站对接，参与空间站建造。EM-5 发射任务中发射猎户座载人飞船的同时，把俄罗斯设计制造的气闸舱送入 NRO 轨道，并对接空间站。至此，门户空间站的第一阶段建造完成。平台已经基本具备了载人登月中转能力，在此基础上，参与成员国仅需要单独研发登月舱，并将其发射至 NRO 轨道，即可完成载人登月的所有准备工作。

第二阶段(2027—2029年)——地月转移阶段：利用 SLS BLOCK 1B 货运型火箭将深空运输器(DST)送入地月转移轨道(TLI)。DST 使用自身的大功率电推进系统，耗时 191~221 天逐渐变轨进入门户所在的 NRO 轨道，并与之对接。随后，继续发射

补给舱和载人猎户座飞船。在 EM-8 任务中，SLS 将发射货运飞船对 DST 进行推进剂在轨加注。在 2029 年的 EM-9 任务中，SLS 火箭将继续发射猎户座飞船和补给舱。之后，DST 将脱离门户，验证 DST 长时间深空独立飞行能力，为飞向火星的长期载人飞行做好准备。至此，第二阶段任务基本结束，通过一系列测试，为载人火星任务提供支撑。

第三阶段(2030 年以后)——载人登陆火星阶段：目前该阶段仍处于规划当中，按照规划，NASA 将使用 SLS BLOCK 2 火箭发射货运补给飞船，为门户和 DST 提供补给，并发射载人猎户座飞船和补给舱前往月球轨道空间站。如果一切顺利，DST 则在推进剂在轨补加完成后，独立进入地火转移轨道，之后返回 NRO 轨道并与“门户”空间站重新对接。“门户”部件及组装过程时间见表 1。

表 1 “门户”部件及组装过程时间轴^①

时间	组装目标	任务名称	运载工具	载人/不载人
2022	开始门户建造工作，发射电推进元件	TBD	商业运载火箭	不载人
2023	猎户座飞越月球	EM-2	航天发射系统，BLOCK 1	载人
2024	发射深空居住舱，与电推进元件对接	EM-3	航天发射系统，BLOCK 1B	载人
2025	居住舱和物资再补给	EM-4	航天发射系统，BLOCK 1B	载人
2026	猎户座(搭乘四人)与门户气闸舱对接	EM-5	航天发射系统，BLOCK 1B	载人
2027	发射深空运输站(DST)至门户	EM-6	航天发射系统，BLOCK 1B	不载人

^① 引自维基百科。

续表

时间	组装目标	任务名称	运载工具	载人/不载人
2027	深空运输站检测任务	EM-7	航天发射系统, BLOCK 1B	载人
2028	深空运输站运送物资和推进剂补加	EM-8	航天发射系统, BLOCK 1B	不载人
2029	深空运输站在环月空间为期一年的运行测试	EM-9	航天发射系统	载人
2030	深空运输站运送物资和推进剂补加	EM-10	航天发射系统	不载人
2033	深空运输站为进入火星轨道准备	EM-11	航天发射系统	载人

备注：在 2018—2019 年的 EM-1 任务后，SLS 将演进为 BLOCK 1B 设计。BLOCK 1B 近地轨道有效载荷能力为 105t，载人发射时能将 10t 级混装有效载荷 (CMP) 送到月球附近，仅载货时则能载 41t。这一能力将用于运送门户组件到达月球附近。

三、几点分析

(一) 实施可行性高，助力实现探月、探火

作为近地空间站向载人深空探索的连接桥梁，地月空间站在技术和经济上都能起到缓冲作用。地月空间站方案是基于当前近地空间站的能力提出的，因此具有较好的技术基础。此外，地月空间站距离地球较近，其补给及往返较为简单。制约地月空间站发展的最大问题是如何将大型的设备发射至地月空间，除了发展重型运载火箭，随着原位资源利用方法的进步，可以通过利用空间、月球资源缓解这一问题。

地月空间站是对月球、地球和太阳系进行科学观测的有利位置，利用安装在门户外部的装置可以开展观测活动。地月空间站

可用于从月球表面以及其他太阳系目的地获取具有科学价值的样本。地月空间站还可以为小卫星、立方体卫星和月球表面设备提供通信中继。在地月空间站能够实现在深空环境中进行人体生理学实验。月球表面可以使用机器人远程探索，包括部署复杂的表面科学仪器。建立地月空间站能够有机衔接近地载人活动与载人深空探索，为载人火星探测等载人深空探测活动验证相关技术，积累相关操作经验。

(二) 抢占地月空间发展先机

目前和人类活动关系最大的拉格朗日点，就是地球与月亮之间的拉格朗日点，这是探测器、天体望远镜定位的理想位置，在工程和科学上具有重要的实际应用和科学探索价值，是国际深空探测的热点。NASA 认为地-月 L2 点上的空间站还能够作为维修大型天文望远镜的平台，并且由于地-月 L2 点距离月球较近，因此还可以用来对月球上的地质勘探机器人进行实时遥控，以确保航天员安全和节约成本。NASA 对在地-月 L2 点上建立空间站的想法由来已久。早在 2000 年左右，地-月拉格朗日点就成为了 NASA“十年规划团队”(DPT)的宠儿，美国之所以早早就提出这种计划，就是想首先抢占拉格朗日点，为此还在克林顿时期，美国总统管理与预算办公室就建立了发展计划，并开展了相关工作，但是后来由于政权更替，该计划被废弃，但到了特朗普上台后，美国政府再次提出建立地月空间站，目的仍是抢占地月空间发展先机。

(三) 地月空间站将成为重要的国际合作平台

随着载人航天活动向更深、更远处推进，任务将更加艰巨，资金、技术等方面面临的挑战更大，仅凭一国之力越来越难以承受。同时，开展国际合作也是大国利用主导权巩固领导地位、扩大影响力的重要手段，具有更加迫切的现实需求。进行国际合作可降低成本、分散风险、实现优势互补和成果共享。特别是随着

空间探索的深入，由此带来的成本、风险和技术等方面的挑战仅凭一国之力是难以解决的，进行国际合作将成为发展航天的必要手段。

对于美国，开展建造月球轨道平台的国际合作，来确保其在深空探索领域的领导地位，同时发挥引领作用；对于俄罗斯，参与月球轨道平台国际合作，既可以缓解经济、技术方面的压力，同时能够尽快地实现十年规划中提到 2030 年执行载人登月的目标；对于日本和欧洲，积极加入平台建造工作，可大力促进本国/地区该领域的快速发展，带动就业，同时，也能较快地实现本国/地区航天员登月的重大目标。

(北京空间科技信息研究所)